



Trabajo Fin de Grado

**Efectos del entrenamiento de la  
marcha terapéutica con  
“LOKOMAT” en pacientes con lesión  
medular incompleta con más de 3  
meses de evolución. Revisión  
sistemática.**

**Effects of training with "LOKOMAT" in the gait  
rehabilitation of patients with incomplete spinal  
cord injury with more than 3 months of  
evolution. Systematic review.**

ESCUELAS UNIVERSITARIAS DE  
FISIOTERAPIA GIMBERNAT-CANTABRIA.

Torrelavega, 8 de Junio de 2017

AUTOR: MANUEL PUENTES OTERO  
DIRECTORA TFG: NATALIA REQUEJO

# ÍNDICE

	Página
□ Abreviaturas.....	1
□ Resumen – Abstract .....	2
□ 1. Introducción .....	4
□ 2. Metodología	
2.1. Estrategia y términos de búsqueda.....	7
2.2. Criterios de inclusión .....	7
2.3. Criterios de exclusión .....	8
2.4. Evaluación metodológica .....	9
□ 3. Resultados .....	14
□ 4. Discusión .....	21
□ 5. Conclusión .....	23
□ 6. Anexos .....	25
□ 7. Referencia bibliográficas .....	26

Las **abreviaturas** utilizadas en el trabajo fueron las siguientes:

- OMS: Organización Mundial de la Salud
- ASIA: American Spinal Cord Association, cuya traducción en español es: Asociación Americana de lesión medular.
- iSCI: incomplete spinal cord injury, cuyo significado en español es: lesión medular incompleta.
- VO2: volumen de oxígeno.
- HR: heart rate, cuyo significado en español es: pulso cardíaco.
- TUG: timed get up and go, cuyo equivalente en español es: prueba de levántase y ande.
- 6MWT: 6 minutes walking test, cuya traducción al español es: test de los 6 minutos andando.
- 10MWT: 10 meters walking test, cuya traducción al español es: test de los 10 metros andando.
- WISCI-II: walking index for spinal cord injury, cuya traducción al español es: índice de marcha para lesión medular.
- FIM-L: escala de independencia funcional.
- LEMS: lower extremity muscle score, cuya traducción al español es: escala motora de la extremidad inferior
- EVA: escala visual analógica para el dolor.

## **Resumen:**

**Diseño del artículo:** revisión sistemática de la literatura científica, disponible en las bases de datos, sobre la utilización de la ortesis robótica “Lokomat” en personas que presentan una lesión medular incompleta de más de 3 meses de evolución.

**Objetivo:** la intención de esta revisión es conocer los efectos tanto positivos como negativos de esta terapia sobre personas que presentan una lesión medular incompleta. También se pretende comparar esta terapia con otras utilizadas para la rehabilitación de la marcha.

**Métodos:** se realizó una búsqueda bibliográfica de ensayos controlados y ensayos controlados aleatorizados desde Diciembre de 2016 a Mayo de 2017 en las bases de datos Medline, PEDro y Cochrane. Dicha búsqueda aportó 6 artículos para la revisión.

**Resultados:** en la totalidad de los artículos estudiados la terapia con “Lokomat” presentaba efectos positivos para los pacientes iguales o mayores que las terapias tradicionales. Los mayores resultados se conseguían en personas más afectadas utilizando el “Lokomat” como método de rehabilitación temprana. Por otra parte, cabe destacar los resultados del “Lokomat” relativos a la activación muscular, principalmente en sus programas cooperativos.

**Discusión:** las características metodológicas tanto de la revisión (bajo número de artículos) como de los artículos en si (observadores no cegados, muestras bajas y heterogéneas) no permiten confirmar los buenos resultados que muestra la revisión sobre el uso del “Lokomat”.

## **Abstract:**

**Study design:** systematic review of the literature available in the databases about the use of robotic orthosis "Lokomat" in people who present an incomplete spinal cord injury for more than 3 months of evolution.

**Objective:** the purpose of this review is to know the positive and negative effects of this therapy on people with incomplete spinal cord injury. Also we will compare the "Lokomat" therapy with the classic ways of treatment.

**Methods:** I did a literature search of controlled trials and randomized controlled trials from December 2016 to May 2017 in the Medline, PEDro and Cochrane databases. This search provided 6 articles for review.

**Results:** in all of the articles studied, "Lokomat" therapy had positive effects for patients equal to or greater than traditional therapies. The highest results were obtained in people with worse disabilities using "Lokomat" as a method of early rehabilitation. On the other hand, highlight the results of "Lokomat" in relation to muscle activation, mainly in their cooperative programs.

**Discussion:** methodological characteristics of the review (low number of articles) as the articles themselves (unobserved observers, low and heterogeneous samples) makes us unable to confirm the good results of the therapy iSCI patients.

# 1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos llegan hasta las ciencias de la salud, más concretamente al sector de la rehabilitación y en concreto al de la fisioterapia. El “Lokomat” es una herramienta que lleva ya un tiempo a disposición de los fisioterapeutas y que gracias a la robótica y al desarrollo de nuevas tecnologías es más accesible a la terapéutica clínica. En esta revisión conoceremos los beneficios y posibles efectos adversos que produce el entrenamiento de la marcha asistida con el “Lokomat” en personas que presentan una lesión medular incompleta con mas de 3 meses de evolución.

Para la Organización Mundial de la Salud “OMS” el término “lesión medular” hace referencia a los daños sufridos en la médula espinal a consecuencia de un traumatismo, de una enfermedad o degeneración. La lesión medular afecta alrededor de 250000 y 500000 personas cada año en todo el mundo. En su mayoría, estas lesiones se deben a accidentes de transito, caídas o actos violentos y principalmente afectan a gente joven. Las personas con lesiones medulares son entre 2 y 5 veces más propensas a morir prematuramente que las que no lo padecen y están asociadas a menores tasas de escolarización y participación económica. Por otra parte, son lesiones muy incapacitantes y suponen un gasto importante tanto para quien las sufre como para la sociedad en su conjunto (1).

Según la clasificación de la ASIA, existen 5 niveles A, B, C, D y E basándose en la afectación tanto sensitiva como motora del paciente. El nivel A sería la lesión medular completa, el más grave. En esta lesión la persona no presenta función motora ni sensitiva por debajo del nivel lesional. El nivel E es el más leve, ya que no presenta repercusiones motoras ni sensitivas. El paciente con una lesión de tipo B, presenta función sensitiva pero no motora por debajo de su lesión. Los niveles C y D presentan distintos grados de

función motora por debajo de la lesión y son sobre los que nos centraremos en esta revisión (2).

Uno de los principales problemas para las personas con lesión medular y causante de la mayoría de sus dolores y complicaciones asociadas es el inmovilismo. El inmovilismo está relacionado con un aumento de la probabilidad de obesidad, diabetes, hipercolesterolemia, hipertensión y con una pérdida de masa muscular (3), lo que puede desencadenar en graves problemas de salud para los pacientes. Como solución a este problema comienzan a aparecer dispositivos robóticos, como el “LOKOMAT”, que les permite sentir de nuevo la sensación de verticalidad y les otorga la capacidad de caminar de una forma segura y controlada.

El “LOKOMAT” es un aparato creado para el entrenamiento de la marcha. Este dispositivo nos permite programar individualmente el entrenamiento dependiendo de las necesidades de nuestros pacientes.

Entre los beneficios del entrenamiento con “LOKOMAT” en la rehabilitación de la marcha (4):

- Permite una terapia de alta intensidad, incluso durante etapas tempranas de la rehabilitación.
- Asegura un patrón de marcha fisiológico con retroalimentación sensorial a través de un exoesqueleto y un patrón de marcha ajustables de forma individual.
- Mejora de la propiocepción (5).
- Provee la asistencia necesaria a través de fuerza guía y soporte de peso corporal, que se pueden ajustar individualmente a las capacidades de los pacientes, para realizar una terapia siempre al máximo de sus capacidades.
- Incrementa la participación de los paciente con los ejercicios del sistema.
- Análisis objetivo y documentación del progreso del paciente.

A parte de los beneficios en la rehabilitación de la marcha, el entrenamiento con “LOKOMAT” también presenta otros beneficios igual o más importantes (6):

- Cardiovasculares: mejora el perfil lipídico de la sangre, disminuye el colesterol, aumenta la tolerancia a la glucosa y disminuye la presión sanguínea.
- Aumenta la masa muscular y disminuye la masa grasa.
- Mejora la calidad de vida del paciente: mejora la salud, la funcionalidad, la imagen corporal y la independencia de usuario.

El “Lokomat” cuenta con dos brazos robóticos accionados por motores miniaturizados controlados por ordenador. Estos brazos se acoplan a las piernas del paciente logrando un movimiento muy similar al paso fisiológico. Las articulaciones de la cadera y de la rodilla son supervisadas constantemente por el software y la dorsiflexión del paciente es controlada por una cinta elástica levantadora en el pie.

El dispositivo cuenta con un sistema dinámico de soporte de peso corporal, lo que permite soportar el peso del paciente, logrando que tenga una postura controlada. Todo el robot se encuentra sobre una cinta rodante, en la cual se puede regular la velocidad de marcha entre 1 y 3,2 km/h. El “Lokomat” presenta una pantalla a la vista del paciente. Esta pantalla sirve tanto para simular situaciones de la vida real o juegos que impliquen más al paciente en el ejercicio como para darle un feedback al paciente de cómo está realizando la marcha (7).

El robot es un dispositivo muy seguro para el usuario ya que cuenta con distintos sensores encargados de detectar anomalías que puedan comprometer la seguridad del paciente durante el ejercicio, así como abortar el paso si esto sucede (8).



## 2. Metodología

### 2.1 Estrategia y términos de búsqueda:

Se realiza una revisión electrónica de la literatura entre diciembre de 2016 y mayo de 2017 en las siguientes bases de datos electrónicas: PEDro, Cochrane y Medline.

En primer lugar, se realizó una búsqueda inicial para conocer la cantidad de trabajos publicados sobre el “Lokomat” y la lesión medular de forma individual. Como resultado se obtuvieron 177 artículos sobre “Lokomat” y 63394 sobre lesión medular. A continuación, se realizó una búsqueda conjunta de ambos términos a través del operador booleano “and” dando como resultado un total de 58 artículos.

Después de la revisión de estos datos, se comenzó una búsqueda sistemática incluyendo los mismo términos pero acotándola con los filtros “Clinical trials” y “10 years” dando como resultado 20 artículos. Con el fin de centrar la revisión en un grupo más concreto de pacientes se añadió la palabra “incomplete” a la búsqueda, arrojando 17 artículos, 14 en la base de datos Medline y 3 en PEDro. (tablas 1, 2 y 3).

### 2.2 Criterios de inclusión de los artículos seleccionados fueron:

- Sujetos diagnosticados de lesión medular incompleta ( niveles B, C y D en la escala ASIA).
- Intervención sobre la marcha con “Lokomat”.
- Los artículos debía ser ensayos controlados o ensayos controlados aleatorizados.

### 2.3 **Criterios de exclusión** de los artículos fueron:

- Estudios pilotos ni manuales de práctica clínica.
- Revisiones sistemáticas.
- Artículos con más de 10 años de antigüedad.
- Artículos con una baja calidad metodológica : valores por debajo de 5 en la escala Caspe (9)(Tabla 4).
- Estudios en los que la lectura del resumen no se corresponda con el tema seleccionado.
- Estudios que no muestren los resultados con datos estadísticos.

Teniendo en cuenta los criterios citados anteriormente y excluyendo los artículos repetidos de los 17 que arrojó la búsqueda sistemática, finalmente descartamos 7 artículos (3 son estudios piloto, 3 repetido dos veces y en 1 se utilizaba el “Lokomat” como valoración no como tratamiento) y nos quedamos con 10.

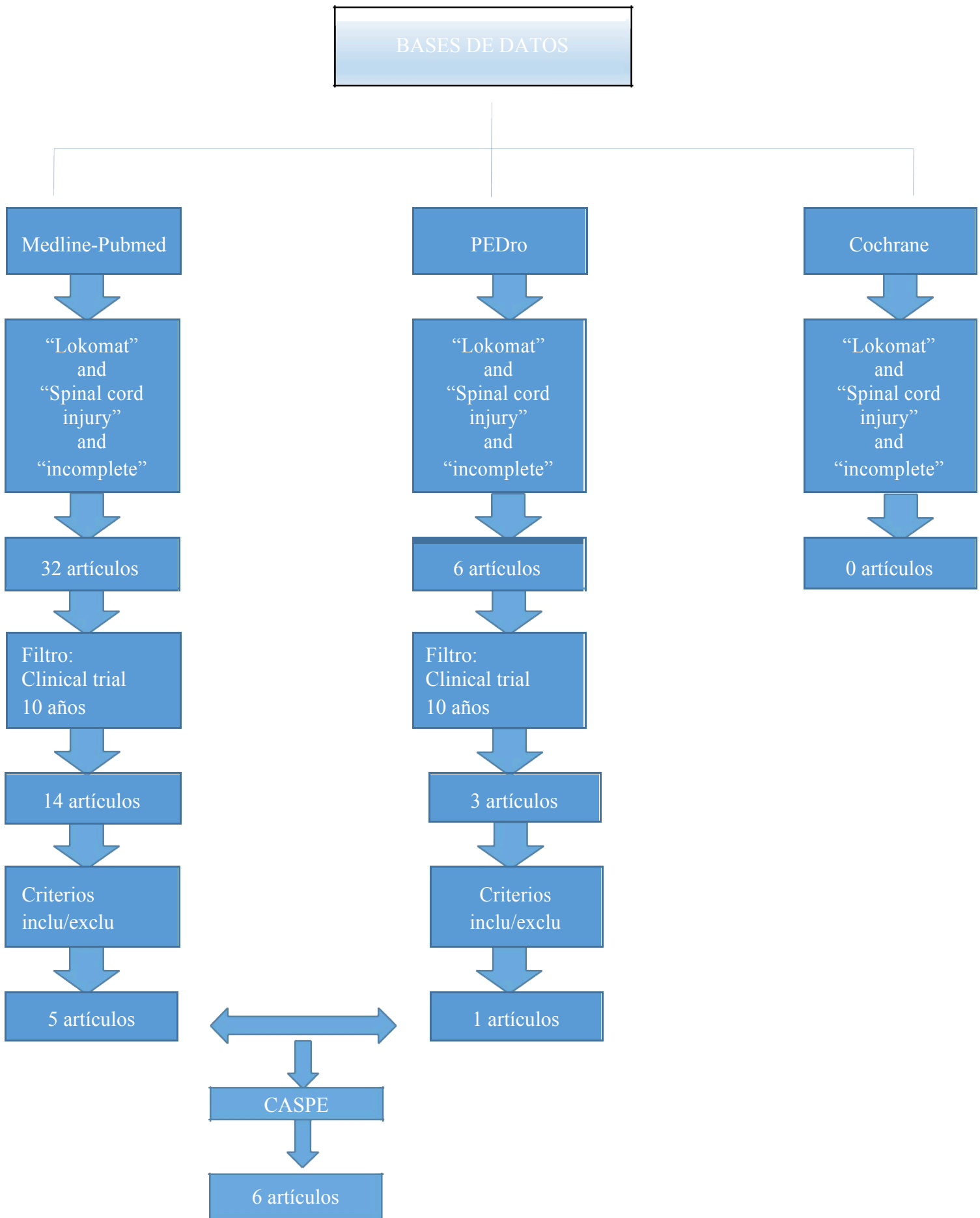
Después de la lectura crítica de los artículos, se seleccionaron los siguientes 6 artículos para la revisión: Deborah Varoqui et al.2014. (12), Alyssa M. Fenuta et al.2014. (13), Lynsey D. Duffel et al.2015. (14), Adina Houlding et al.2011. (15), Alexander Duschau-Wicke et al.2010. (16) y Mónica Alcobendas-Maestro et al.2012. (17).

#### **2.4.Evaluación metodológica:**

Para la realización de la evaluación metodológica se pasó la escala Caspe (9) a los 6 artículos resultantes de la búsqueda (Tabla4).

La escala cuenta con 11 preguntas, 3 de las cuales son de eliminación. Los 6 artículos pasaron 2 de las 3 preguntas de eliminación y sus resultados en el resto de preguntas se muestran en la tabla 4 (9).

Las 6 primeras preguntas de la CASPe corresponden al estudio de la validez interna de los artículos, es decir, si el diseño y desarrollo de los estudios es adecuado, evitando así el mayor número de sesgos posibles (9). Así, se observó que no todos los evaluadores están cegados, lo que puede aumentar el riesgo de sesgos dentro del estudio. Después de la evaluación, fueron incluidos en esta revisión los estudios en los que se responda de forma positiva a un mínimo dos de las tres primeras “preguntas de eliminación” y en los que se obtenga una puntuación mínima de 5 .



Base de datos	Herramienta	Términos de búsqueda	Resultados	Filtro (2006-2016))	Resultados
MEDLINE	Pubmed	“Lokomat” and “spinal cord injury”	51	Clinical trial	16
		“Lokomat” and “incomplete” and “spinal cord injury”	32	Clinical trial	14

Tabla 1

Base de datos	Herramienta	Términos de búsqueda	Resultados	Filtro (2006-2016)	Resultados
Cochrane	Pubmed	“Lokomat” and “spinal cord injury”	0		

Tabla 2

Base de datos	Herramienta	Términos de búsqueda	Resultados	Filtro (2006-2016))	Resultados
PEDro		“Lokomat” and “spinal cord injury”	7	Clinical trial	4
		“Lokomat” and “incomplete” and “spinal cord injury”	6	Clinical trial	4

Tabla 3

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Deborah Varoqui et al (2014) (12)	si	si	si	no	si	si	si	si	no	si	si
Alyssa M. Fenuta et al (2014) (13)	si	no	si	no	no	si	no	si	no	si	si
Lynsey D. Duffel et al (2015) (14)	si	si	si	no	si	si	si	si	no	si	si
Adina Houlding et al (2011) (15)	si	no	si	no	no	si	no	si	no	si	no
Alexnder Duschau-Wicke et al (2010) (16)	si	no	si	no	si	si	no	si	no	si	no
Mónica Alcobendas-Maestro et al (2012)(17)	si	si	si	si	si	si	no	si	no	si	no

Tabla 4.

### 3. Resultados:

Tras llevar a cabo la búsqueda y aplicado los criterios de inclusión y exclusión el resultado final fueron los 6 artículos elegidos para este trabajo: Deborah Varoqui et al.2014.(12), Alyssa M. Fenuta et al.2014. (13), Lynsey D. Duffel et al.2015. (14), Adina Houlding et al.2011. (15), Alexander Duschau-Wicke et al.2010. (16) y Mónica Alcobendas-Maestro et al.2012. (17) (tabla 5).

En este apartado se procede a resumir y mostrar los resultados de los diferentes artículos, para posteriormente obtener conclusiones de los mismos.

El primero de los artículos, tiene como título “Ankle voluntary movement enhancement following robotic-assisted locomotor training in spinal cord injury” y fue realizado por Deborah Varoqui, Xun Niu y Mehdi M. Mirbagheri ”(12). El artículo es un ensayo clínico, que tiene como objetivo estudiar los efectos del entrenamiento con “Lokomat” sobre el movimiento voluntario de tobillo en pacientes con lesión medular incompleta. El estudio se realizó sobre 30 pacientes con lesión medular incompleta, los cuales se dividieron en 2 grupos de 15. Un grupo recibió 1 mes de tratamiento con Lokomat (14 sesiones de 1 hora) y el otro fue el grupo control. El movimiento voluntario fue cuantificado a través de la medición del rango de movimiento activo y el pico de máxima velocidad al mover el pie desde su máxima flexión dorsal a su máxima flexión plantar. La fuerza de contracción isométrica de los flexores plantares y dorsales de tobillo también fue medida. Las mediciones del grupo de estudio se realizaron antes y después del tratamiento y se compararon con el grupo control. En la comparación entre el grupo de estudio y los controles solo se analizó el tobillo que menor fuerza isométrica presentó en la medición inicial. Por otra parte, también se valoró la capacidad de marcha de los pacientes a través de los test TUG, 10MWT y 6MWT. Después del tratamiento, el grupo



de pacientes que recibieron el tratamiento con “Lokomat” presentaron una mejoría en el rango de movimiento activo y en la máxima velocidad de movimiento, así como en la suavidad de este. En los test de calidad de marcha, los pacientes del grupo de trabajo presentaron una mejoría significativa.

El segundo de los artículos elegidos se trata de un ensayo clínico realizado por Alyssa M. Fenuta y Audrey L. Hicks titulado “Metabolic Demand and Muscle Activation during Different Forms of Bodyweight Supported Locomotion in Men with Incomplete SCI” (13). El objetivo de este estudio era conocer la demanda metabólica y la activación muscular de los pacientes con distintos tipos de marcha asistida con el peso corporal suspendido. Se utilizaron 3 tipos de marcha asistida distintos; “Lokomat”, marcha con ayuda de un terapeuta y “Zero G” y se compararon los resultados entre un grupo de personas con lesión medular incompleta y otro de personas sanas, intentando que ambos grupos fueran lo más similares posibles. Los resultados fueron medidos con el VO2000, Polar Heart Rate Monitor y a través de electromiografías del tibial anterior, recto femoral, bíceps femoral y gastronemio medial. Como cabría esperar las sesiones de marcha fueron más exigentes para los pacientes con iSCI que para el grupo control. Si nos centramos en los distintos dispositivos de marcha, cabe destacar que para el grupo de iSCI el “Lokomat” fue el dispositivo que presentó una menor demanda aeróbica, teniendo los valores de VO2 y HR menores. En cuanto a la activación muscular, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos dispositivos, pero el grupo de iSCI sintió una menor demanda aeróbica en el “Lokomat”.

El tercer ensayo clínico fue realizado por Lynsey D. Duffel, Geoffrey L. Brown y Mehdi M. Mirbagheri con el título de “Interventions to reduce spasticity and improve function in people with chronic incomplete spinal cord injury: distinctions revealed by different analytical methods” (14). En este ensayo, el objetivo de los investigadores es comparar

el efecto de la terapia farmacológica (tizanidina) con la terapia con “Lokomat” en pacientes con lesión medular incompleta. Los pacientes se dividieron en 3 grupos de manera aleatoria: el primero de los grupos recibió tratamiento farmacológico (27 pacientes), el segundo terapia con “Lokomat” (27 pacientes) y el tercero haría de grupo control (29 pacientes). El grupo del “Lokomat” recibió 3 sesiones semanales, mientras que el grupo de la Tizanidina recibió el fármaco 4 veces al día en una proporción de 0.3mg/kg, ambos tratamientos se llevaron a cabo durante 4 semanas. Se realizaron 4 valoraciones en distintos momentos durante del estudio (una antes de comenzar, al acabar la primera semana, al acabar la 2 semana y al acabar la 4 semana) a través de 3 pruebas distintas: 10 MWT, 6 MWT y el TUG. Al finalizar el tratamiento, dentro del grupo de pacientes con tizanidina únicamente los sujetos que presentaban una alta funcionalidad antes de la realización del estudio mostraron una mejoría en la resistencia durante la marcha. Por otra parte, los pacientes que realizaron el tratamiento con “Lokomat” registraron una importante mejora en la velocidad de la marcha, los pacientes con una funcionalidad previa alta también presentaron una mejoría en su movilidad.

El cuarto de los artículos incluidos en esta revisión tiene como título “Locomotor adaptations and aftereffects to resistance during walking in individuals with spinal cord injury” Adina Houldin, Kathryn Luttin y Tania Lam ”(15). El objetivo del estudio fue determinar si las personas con iSCI modulan la actividad de los músculos flexores en respuesta a diferentes niveles de resistencia de manera similar a los controles no lesionados. Un segundo objetivo fue determinar si las personas con iSCI tienen la capacidad de formar comandos motores anticipativos después de la exposición a la resistencia. En el estudio participaron 9 personas que presentaban una lesión medular incompleta y 17 personas sanas que se dividieron en 2 grupos control. Para medir la respuesta a la resistencia de los 3 grupos se usó el “Lokomat” con distintos niveles de

soporte de peso corporal. Los pacientes del grupo de estudio recibieron un soporte ajustado a sus características, mientras que uno de los grupos control no recibió soporte y el otro únicamente del 60 por ciento de su peso. El “Lokomat” se programó para realizar una resistencia velocidad dependiente del movimiento de la articulación de la cadera, en series de 20 pasos con resistencia y 20 pasos sin ella. La valoración de la actividad de la musculatura se realizó a través de electromiografía en el recto femoral, bíceps femoral, tibial anterior y gastronemio medial. Ambos grupos de pacientes mostraron un aumento de actividad en el recto femoral ante la resistencia, pero el grupo de estudio mostró una menor modulación de la activación ante los distintos grados de resistencia. Los efectos posteriores a la eliminación de la resistencia en el grupo de lesionados medulares consistieron en un aumento de la longitud de paso, presentado una relación negativa al grado de recuperación locomotora.

El quinto artículo, se trata de un ensayo clínico realizado por Alexander Duschau-Wicke, Andrea Caprez y Robert Riener titulado “Patient-cooperative control increases active participation of individuals with SCI during robot-aided gait training”(16). El objetivo de este estudio es investigar las diferencias entre los efectos de la terapia con “Lokomat” para la rehabilitación de la marcha con cooperación del paciente o sin ella, para ello seleccionaron a 11 pacientes con lesión medular incompleta que llevaron a cabo una sesión de tratamiento con “Lokomat” en cuatro condiciones de control diferente. Durante estas sesiones se les colocó a los pacientes electrodos de superficie en el gastronemio medial, tibial anterior, vasto medial, recto femoral y bíceps femoral de la pierna izquierda, además se colocó otro electrodo en el dipolo eléctrico del corazón. Al finalizar la sesión los pacientes presentaron una mayor activación muscular y un mayor esfuerzo cardiovascular en el modo cooperativo que en el no cooperativo por lo que podemos decir que participaron más activamente en la sesión.

El último de los artículos se trata de un ensayo clínico realizado por Mónica Alcobendas-Maestro y su equipo titulado: “Lokomat Robotic-Assisted Versus Overground Training Within 3 to 6 Months of Incomplete Spinal Cord Lesion: Randomized Controlled Trial”(17). El objetivo del estudio es comparar un programa de rehabilitación de la marcha con “Lokomat” con un programa convencional de rehabilitación en pacientes con una lesión medular incompleta. El programa de rehabilitación convencional consistió en sesiones diarias de movilización articular, estiramiento muscular, técnicas de relajación postural, estabilización de tronco y práctica de las actividades de cuidado personal. Para ello, seleccionaron a 80 pacientes con una lesión medular incompleta y los dividieron en dos grupos de forma aleatoria. Los pacientes recibieron 40 sesiones con cada uno de los métodos y fueron evaluados a través de los siguientes test por observadores independientes: WISCI II, 6 MWT, FIM-L, LEMS, 10m walking test y la escala EVA. Después del análisis de los resultados, se vio que el grupo de “Lokomat” presentaba una mejor puntuación en las pruebas de WISCI II, 6 MWT y LEMS. Por otra parte, no hubo diferencias estadísticamente significativas en las otras 3 pruebas: Asworth, EVA y 10 minutes walking test.

Autor	Estudio	Participantes	Objetivo	Variables/evaluación	Intervención	Resultados
Alyssa M. Fenuta et al (2014).	EC	14 hombres, 7 con lesión medular incompleta y 7 sanos como control.	Conocer la demanda metabólica y la activación muscular de los pacientes con distintos tipos de marcha asistida con el peso corporal suspendido	VO2000. Polar Heart Rate Monitor. Electromiografía.	“Lokomat” Marcha con terapeuta “ZeroG”	El “Lokomat” fue el dispositivo que presentó una menor demanda metabólica. No existieron diferencias estadísticamente significativas respecto a la activación muscular.
Varoqui et al (2014)	ECA	30 lesionados medulares divididos en 2 grupos de forma aleatoria.	Estudiar los efectos de la terapia con “Lokomat” sobre el movimiento voluntario de tobillo en personas con una lesión medular incompleta.	Rango de movimiento activo de máxima flexión dorsal a máxima flexión plantar. Pico de máxima velocidad en el recorrido Fuerza de contracción isométrica de flexores plantares y dorsales. TUG. 6MWT 10MWT.	12 sesiones de 1 hora con el “Lokomat”.	Los pacientes del grupo del estudio presentaron una mejoría en los rangos de movimiento, así como es su pico de velocidad y en su fuerza de contracción isométrica. También consiguieron mejores resultados en las pruebas de marcha.
Duffell et al (2015).	ECA	83 personas con lesión medular incompleta, divididos aleatoriamente en 3 grupos.	Comparar el efecto de la tizanidina con el efecto de la terapia con “Lokomat” en pacientes con lesión medular incompleta.	10MWT 6MWT TUG.	3 sesiones semanales de “Lokomat” durante 4 semanas. El grupo de la tizanidina recibió el fármaco 4 veces al día durante 4 semanas.	Dentro del grupo de pacientes con tizanidina, únicamente los de mayor funcionalidad previa obtuvieron mejores resultados. Por otra parte, el grupo del “Lokomat” registraron una importante mejora en la velocidad de la marcha.
Houldin et al (2011)	EC	26 (9 lesionados medulares), divididas en 3 grupos.	Determinar si las personas con iSCI modulan la actividad de los músculos flexores en respuesta a diferentes niveles de resistencia de manera similar a los controles. Un segundo objetivo fue determinar si las personas con iSCI tienen la capacidad de formar comandos motores	Electromiografía	1 sesión de tratamiento con “Lokomat” configurado en series de 20 pasos con resistencia y 20 pasos sin ella.	Con resistencia tanto el grupo control como el del estudio aumentaron la actividad de su recto anterior, presentando estos segundos una mayor dificultad para la modulación. Después de eliminar la resistencia el grupo de estudio consiguió una mayor longitud de paso.

			anticipativos después de la exposición a la resistencia			
Duschau-Wicke et al (2010).	EC	11 sujetos con lesión medular incompleta.	Investigar las diferencias entre los efectos de la terapia con “Lokomat” para la rehabilitación de la marcha con cooperación del paciente o sin ella,	Electromiografía	1 sesión de tratamiento con “Lokomat” con 4 niveles de cooperación distintos.	Mayor actividad muscular y mayor esfuerzo cardiovascular en el modo cooperativo.
Alcobendas-Maestro et al (2012).	ECA	80 pacientes con lesión medular incompleta divididos en dos grupos de manera aleatoria.	Comparar un programa de rehabilitación de la marcha con “Lokomat” con un programa convencional de rehabilitación en pacientes con una lesión medular incompleta	WISCI-II 6MWT 10MWT FIM-L LEMS EVA	40 sesiones de tratamiento durante 8 semanas.	El grupo de “Lokomat” presentaba mejores resultados en las siguientes pruebas: WISCI-II, 6MWT y LEMS.

Tabla 5.

## 4. Discusión:

Los artículos revisados investigan el uso del “Lokomat” en la rehabilitación de la marcha en pacientes con una lesión medular incompleta (12,13,15). Además, en ellos se presentan comparaciones con otros tipos de terapia (14,17) para darnos una mejor perspectiva de la actuación fisioterápica sobre la marcha con dicho aparato. El último de los artículos (16) nos presenta la importancia de la cooperación del paciente en la rehabilitación con “Lokomat”.

En relación a la metodología, comentar que la propia búsqueda de los trabajos puede generar limitaciones a la hora de analizar los resultados. El escaso número de artículos existentes sobre el tema limita la capacidad de extrapolar los datos de la revisión a la población en la que vivimos. Por otra parte, la metodología de los propios trabajos también puede afectar a la capacidad de sacar conclusiones finales sobre la terapia. El tamaño de la muestra de todos los trabajos es reducido, siendo 83 el número máximo de paciente involucrados (14), pero presentando una media de no más de 30 personas por estudio. Por otra parte, la relación entre hombres y mujeres en las distintas muestras no es equitativa, lo que provoca más dificultades la hora de analizar los resultados. Otro de los inconvenientes de los artículos es la variabilidad de las características de la lesión, habiendo en un mismo estudio pacientes con los niveles ASIA: B, C y D. Sería interesante, que los estudios examinasen un único nivel de la lesión para obtener resultados más concisos. Como puede observarse, la metodología de cada estudio es distinta, lo que dificulta la comparación de resultados entre ellos. Además, cada trabajo presenta una duración de tratamiento y una forma de medición distintas.

Según los resultados obtenidos, la terapia con “Lokomat” presenta resultados positivos

en la rehabilitación de la marcha de los pacientes con iSCI (12,13,15). En comparación con otros tratamientos, como el farmacológico (14) o la rehabilitación convencional (17) el “Lokomat” presenta mejores o iguales resultados durante el mismo tiempo de tratamiento.

Si comparamos los resultados de esta revisión con otras revisiones de la bibliografía electrónica (10,11) podemos ver que tenemos resultados dispares.

En el caso de la realizada por Ki Yeun Nam et al.2017.(10) concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, exponiendo que los paciente con una lesión medular incompleta se benefician del trabajo con “Lokomat”. En su revisión concluyen que los pacientes con lesión medular después del uso del dispositivo presentan mejoría en la resistencia y velocidad de la marcha, equilibrio, movilidad e independencia. Por último, destacar que el uso de “Lokomat” se mostró como una prometedora alternativa para la recuperación de una marcha funcional para los pacientes.

Por otra parte en la revisión realizada por Eva Swinnen et al.2010. (11) defiende que la evidencia es insuficiente para sacar conclusiones sobre el reentrenamiento de la marcha con “Lokomat”. Exponen que existen estudios que muestran efectos positivos, pero que estos efectos no son mayores que los de otros tipos de terapias. Por último, destaca la necesidad de nuevos estudios con una mayor calidad metodológica para obtener resultados significativos.



## 5. Conclusión:

La evidencia actual muestra que el “Lokomat” presenta diversos beneficios en la rehabilitación entre los que se encuentran: aumento de la actividad muscular y aumento de resistencia aeróbica (13) , aumento del movimiento voluntario del tobillo y aumento de los rangos de movimiento en el tobillo (12), disminución de la espasticidad (12,14) o mejora de la longitud de paso (15). Existen diversos artículos que lo comparan con distintos tipos de tratamiento (14,17) en los que el “Lokomat” obtiene resultados iguales o mejores que otras terapias. Aunque estos resultados son buenos, debemos tener cautela con ellos ya que los tamaños y la heterogeneidad de las muestras nos impiden sacar conclusiones extrapolables a la población en la que vivimos.

Con el fin de obtener resultados de más calidad en un futuro, se deberían realizar los estudios con un mayor tamaño de la muestra y lo más homogéneos posibles, además de aumentar el tiempo de estudio para obtener una información de los resultados a largo plazo. Sería interesante la realización de estudios en los que se combinen distintos tipos de terapias para conocer más del abordaje de este tipo de paciente. Después de la revisión de la literatura, creo que la combinación que mejores resultados puede dar y que sería recomendable estudiar en una futuro sería la de la fisioterapia tradicional unida con el uso del “Lokomat”. Por un lado, contamos con el lado humano y cercano al paciente de la fisioterapia tradicional y por el otro la ayuda de la tecnología, que nos permite dar una información a las estructuras del paciente que de otra manera sería muy complicado, además de obtener datos objetivos de su trabajo y evolución. Por otra parte, en un futuro se deberían realizar nuevos estudios cuyo objetivo sea el de obtener datos objetivos de los beneficios psicológicos y la repercusión en la calidad de vida de este tipo de terapias en las personas que presentan una iSCI.

Recalcar que los avances tecnológicos como el “Lokomat”, abren un mundo nuevo en la rehabilitación de pacientes que presentan una lesión medular incompleta de 3 o más meses de evolución. Estos nuevos dispositivos nos permiten dar de nuevo al paciente la sensación de caminar, aportando una información prácticamente olvidada por su cuerpo. Estos nuevos estímulos tienen beneficios tanto físicos (rangos articulares, fuerza muscular, demanda aeróbica) como psicológicos (nuevas perspectiva del entorno, sensación de bipedestación, confianza) que suponen una mejora de la calidad de vida de nuestros pacientes. Debemos ir incorporando estas tecnologías a nuestra práctica diaria como fisioterapeutas y ser capaces de aportar datos objetivos a los Innovación+Desarrollo tecnológicos para que a través de sus conocimientos teóricos y la experiencia de la clínica diaria, puedan crear mejores productos terapéuticos en beneficio de todos.

Para finalizar, no debemos olvidar que es solo una herramienta más dentro de nuestra profesión y que los mejores resultados siempre se obtendrán centrándonos en el paciente y ajustando el tratamiento a sus necesidades.

## 6. Anexos:

Las pruebas y valoraciones utilizadas por los autores de los artículos fueron las siguientes:

- TUG (timed get up and go): consiste en medir el tiempo que tarda una persona en levantarse de una silla con los brazos cruzados, andar 3 metros y volver a sentarse en la misma silla.
- 6MWT (6 minutes walking test): es una prueba que consiste en ver cuanta distancia es capaz de recorrer una persona en 6 minutos.
- 10MWT: (10 meters walking test): es una prueba que consiste en valorar el tiempo que tarda una persona en andar 10 metros.
- WISCI-II: es una escala diseñada para medir las mejoras en la marcha de persona con lesión medular.
- FIM-L: es una escala, cuyo objetivo es valorar la independencia funcional de las personas.
- LEMS: es una escala, cuyo objetivo es medir la capacidad motora de la extremidad superior. Para ello, se evalúan 5 músculos de la extremidad inferior comprendidos entre los niveles neurológicos de L2 a S1.
- EVA: es una prueba cuyo objetivo es valorar la cantidad de dolor que presenta el paciente de una forma fácil a través de números e imágenes.

## 7. Referencia Bibliográficas:

### Introducción:

- 1- OMS : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs384/es/>.
- 2- Escala Asia : <http://asia-spinalinjury.org>.
- 3- <https://www.efisioterapia.net/articulos/el-reposo-prolongado-cama-como-agente-que-potencializa-el-incremento-del-riesgo-cardiovascular>
- 4- Página web Hocoma (<https://www.hocoma.com/solutions/lokomat/>).
- 5- Antoinette Domingo, Tania Lam. Reliability and validity of using the Lokomat to asses lower limb joint position sense in people with incomplete spinal cord injury. J Neuroeng Rehabil. 2014; 11: 167. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4274718/>
- 6- Hicks AL, Ginis KA. Treadmill training after spinal cord injury: it's not just about the walking. J Rehabil Res Dev. 2008;45(2):241-8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18566942>
- 7- Mariusz Druzicki, Wojciech Rusek, Slawomir Snela, Joanna Dudek, Magdalena Szczepanik, Ewelina Zak, Jacek Durmala, Anna Czernuszenko, Marcin Bonikowski y Grzegorz Sobota. Functional effects of robotic-assited locomotor treadmill therapy in children with cerebral palsy. J. Rehabil Med 2013: 358-363. Disponible en: <https://www.medicaljournals.se/jrm/content/abstract/10.2340/16501977-1114>
- 8- Guión de usuario de “Lokomat” : [https://knowledge.hocoma.com/fileadmin/use\\_upload/training\\_material/lokomat/LokomatUserScript\\_ES\\_150511.pdf](https://knowledge.hocoma.com/fileadmin/use_upload/training_material/lokomat/LokomatUserScript_ES_150511.pdf).

### Metodología:

- 9- Cuestionario de lectura critica CASPe: <http://www.redcaspe.org/>

## Discusión:

- 10- Robot-assisted gait training (Lokomat) improves walking function and activity in people with spinal cord injury: a systematic review. Ki Yeun Nam, Hyun Jung Kim, Bum Sun Kwon, Jin-Woo Park, Ho Jun Lee and Aeri Yoo. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2017; 14-24. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5363005/>
- 11- Effectiveness of robot-assisted gait training in persons with spinal cord injury: a systematic review. Eva Swinnen, Saartje Duernick, Jean-Pierre Baeyens, Romain Meeusen and Eric Kerckhofs. J Rehabil Med. 2010;42:520-526. Disponible en: <https://www.medicaljournals.se/jrm/content/abstract/10.2340/16501977-0538>

## Artículos Seleccionados

- 12- Varoqui et al: Ankle voluntary movement enhancement following robotic-assisted locomotor training in spinal cord injury. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 2014 11:46. Disponible en: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-11-46>
- 13- Fenuta et al: Metabolic Demand and Muscle Activation during Different Forms of Bodyweight Supported Locomotion in Men with Incomplete SCI. Biomed Research International Volume 2014, Article ID 632765. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/632765/>
- 14- Duffel et al: Interventions to reduce spasticity and improve function in people with chronic incomplete spinal cord injury: distinctions revealed by different analytical methods. Neurorehabil Neural Repair. 2015 July; 29(6): 566-576. Doi:10.1177/1545968314558601. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4431959/>
- 15- Houldin et al: Locomotor adaptations and aftereffects to resistance during walking in individuals with spinal cord injury. J. Neurophysiol 106: 247-258, 2011. Doi: 10.1152/jn.00753.2010. Disponible en: <http://jn.physiology.org/cgi/pmidlookup?view=long&pmid=21543755>
- 16- Duschau et al. Patient-cooperative control increase active participation of individuals with SCI during robot-aided gait training. Journal of

NeuroEngineering and Rehabilitation. 2010, 7:43. Disponible en:  
<https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-7-43>

- 17- Mónica Alcobendas et al: Lokomat Robotic-Assisted Versus Overground Training Within 3 to 6 Months of Incomplete Spinal Cord Lesion: Randomized Controlled Trial. Neurorehabilitation and Neural Repair 26 (9) 1058-1063. Disponible en:  
[http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1545968312448232?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:crossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%3dpubmed](http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1545968312448232?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed)